

OBSERVATIONS SUR LES CARACTÈRES AGRONOMIQUES DES SOLS DU BASSIN VERSANT DE LA LATTE SUR LE MONT-LOZÈRE

Claude MARTIN et Jean-François DIDON-LESCOT ⁽¹⁾

(1) : UMR 6012 "ESPACE" du CNRS, Département de Géographie, Université de Nice-Sophia-Antipolis, 98 Boulevard Édouard Herriot, BP 3 209, 06204 NICE cedex 03. Courriel : martincl@infonie.fr .

RÉSUMÉ : Les caractères chimiques des sols (carbone organique, azote total, pH_{eau} , pH_{KCl} , capacité d'échange cationique, cations échangeables) des bassins versants granitiques de la Latte (sous résineux) et de la Sapine (sous hêtres), sur le Bassin Versant de Recherche et Expérimental du Mont-Lozère, ont fait l'objet de plusieurs séries d'analyses dans les années 1980, puis ont encore été étudiés en 2001. La comparaison des résultats obtenus à plus de 15 ans d'intervalle ne mettent en évidence aucune aggravation de l'acidité d'échange. Même sur le bassin de la Latte, où une coupe à blanc des épicéas a été réalisée de 1987 à 1989, les horizons minéraux des sols n'ont pas évolué dans le sens d'une acidification. Sur ce bassin, il serait utile de suivre les conséquences du développement du couvert végétal.

MOTS-CLÉS : sols granitiques, analyses chimiques, acidification, coupe forestière à blanc, Mont-Lozère.

ABSTRACT : The soils chemical characters (organic carbon, total nitrogen, pH_{water} , pH_{KCl} , exchange capacity, exchangeable cations) of the granitic catchments of Latte (under conifers) and of Sapine (under beech), located in the Mont-Lozère Experimental Research Basin (ERB), were determined by several series of analyses in the years 1980 and they were again studied in 2001. Comparison of the results obtained with more than 15 years of interval does not show increase of the exchange acidity. Even in the Latte catchment, submitted to a whole tree harvest of the spruces from 1987 to 1989, the mineral horizons of soils did not move in the way of acidification. For this catchment, it would be useful to continue to monitor the chemical effects of the vegetal cover development.

KEY-WORDS : granitic soils, chemical analyses, acidification, whole tree harvest, Mont-Lozère.

I - INTRODUCTION

Cet article constitue le complément du texte publié en 2005 sur la chimie des eaux dans le haut bassin versant du Tarn (C. MARTIN et J.F. DIDON-LESCOT, 2005). L'objectif est d'aborder sous l'angle pédologique la question d'une éventuelle acidification du milieu (P. DURAND *et al.*, 1992-a, 1992-b).

Les sols du bassin versant de l'Alignon, et plus particulièrement des bassins des Cloutasses, de la Latte et de la Sapine, sur le Bassin Versant de Recherche et Expérimental (BVRE) du Mont-Lozère, ont déjà fait l'objet de plusieurs études (D. TRÉVISAN, 1982 ; P. DURAND, 1989 ; C. VANNIER, 1987 et 1992). Dans la présente contribution, notre objectif ne sera donc pas de caractériser les sols, mais de discerner l'évolution éventuelle de leurs caractères agronomiques au cours des dernières années. À cet égard, nous serons particulièrement attentifs, d'une part, à relier nos observations aux interrogations concer-

nant la désaturation et l'acidification des sols et, d'autre part, à évaluer l'impact sur les caractères agronomiques des sols de la coupe à blanc des épicéas du bassin de la Latte réalisée de 1987 à 1989. Nous avons concentré nos efforts sur les bassins versants boisés : celui de la Latte (0,195 km²) et celui de la Sapine (0,54 km²), qui est couvert d'une hêtraie.

II - LES SOLS DES BASSINS VERSANTS DE LA LATTE ET DE LA SAPINE

Les bassins versants sont inscrits dans le granite porphyroïde du Pont-de-Montvert. Les sols, dont la cartographie a été réalisée par D. TRÉVISAN (1982), ont une épaisseur qui dépasse rarement 80 cm. Ils s'agit de rankers alpins, de rankers cryptopodzoliques (bruns ou humifères) et de sols bruns ocreux selon la classification française (Ph. DUCHAUFOUR, 1977, 1998). D'après le référentiel pédologique (AFES, 1995), ils correspondent à des rankosols "alpins",

des rankosols podzolisés et des alocrisols ocriques. Leur texture est sablo-limoneuse. Le cortège minéral de la fraction argileuse est essentiellement constitué de vermiculites, d'illites et d'interstratifiés illite-vermiculite. Les sols présentent parfois un caractère colluvial. Les bas de versant sont le siège de phénomènes d'engorgement susceptibles de se traduire par la présence de matériaux tourbeux ou de sols humiques à gley.

De nombreux profils ont été décrits et/ou analysés. Quatre campagnes ont été conduites avant la coupe de la pessière de la Latte :

- en 1981 : étude détaillée de 3 profils dans le bassin de la Latte et de 4 profils dans celui de la Sapine (D. TRÉVISAN, 1982) ;
- en 1983 : analyses d'échantillons prélevés à la tarière sur 8 profils dans le bassin de la Latte et 13 profils dans celui de la Sapine ;
- en 1985 : analyses d'échantillons prélevés à la tarière sur 6 profils du bassin de la Latte ;
- en 1987 : étude détaillée de 4 profils dans le bassin de la Latte et de 5 profils dans celui de la Sapine (C. VANNIER, 1987).

Les résultats des analyses chimiques synthétisés par P. DURAND (1989) sont portés dans le tableau I. À titre de comparaison, les données relatives au bassin des Cloutasses sont également reproduites. Ce bassin se trouve lui aussi dans la zone d'affleurement du granite du Pont-de-Montvert. Il est largement couvert d'une pelouse pâturée, qui peut être considérée comme représentative du couvert végétal des autres bassins avant la plantation des épicéas vers 1930 (Latte) ou le développement spontané de hêtres dès avant cette date (Sapine).

L'humus est de type moder (avec un C/N généralement compris entre 15 et 25). Les horizons de surface sont acides (pH_{eau} entre 4,2 et 5,0). Pour chaque série de prélèvements, les valeurs de pH_{eau} et de pH_{KCl} sont bien groupées. En revanche, des différences importantes, qui atteignent jusqu'à 0,5 unité, se révèlent d'une série à l'autre pour le pH_{eau} . Le pH tend à augmenter légèrement en profondeur. Le caractère négatif du ΔpH ($\text{pH}_{\text{KCl}} - \text{pH}_{\text{eau}}$) indique que l'acidité d'échange ($\text{Al}^{3+} + \text{H}^+$) représente une part importante de la garniture cationique du complexe adsorbant. Le complexe adsorbant est donc désaturé, tandis que la teneur en aluminium échangeable est élevée. Parmi les cations basiques, le calcium est l'élément dominant. La capacité d'échange cationique, la somme des cations

basiques et la teneur en aluminium échangeable décroissent avec la profondeur. En dépit de leur caractère désaturé, en relation avec la roche mère et les conditions climatiques (précipitations très abondantes et faibles températures), les sols du Mont-Lozère se trouvent loin des situations les plus sévères observées dans les forêts françaises (Q. PONETTE *et al.*, 1997).

P. DURAND souligne que sous la hêtraie du bassin de la Sapine, la valeur moyenne de la somme des cations basiques diffère peu d'une série de prélèvements à l'autre (0,9 méq/100 g). Les résultats sont plus dispersés sous les épicéas du bassin de la Latte (0,7 à 1,7 méq/100 g). Sous pelouse (bassin des Cloutasses), la valeur moyenne de la somme des cations basiques varie de 1,2 à 1,5 méq/100 g.

La somme des cations basiques est en tout cas légèrement plus forte sous pessière que sous hêtraie, sauf peut-être pour le calcium. Sur tous les bassins versants, les sols hydromorphes présentent des teneurs en cations basiques plus élevées que les sols de versant.

En ce qui concerne l'acidité d'échange, les pH_{KCl} et les teneurs en Al^{3+} montrent qu'elle est plus élevée sous pessière que sous hêtraie.

De l'ensemble des résultats, P. DURAND tire la conclusion qu'en 60 ans, la présence d'épicéas n'a pas eu d'effet marqué par rapport à la hêtraie sur le complexe d'échange des sols du bassin de la Latte, si ce n'est en augmentant l'acidité d'échange et peut-être en provoquant un début de désaturation en calcium.

Quelques dosages de l'acide phosphorique ont été réalisés, en utilisant la méthode de DYER. Les résultats sont groupés autour de valeurs très faibles : 0,01 % en surface et 0,07 % en profondeur.

III - CHOIX D'UNE STRATÉGIE D'ÉCHANTILLONNAGE

La campagne de prélèvements menée dans le cadre du présent travail devait répondre à deux objectifs :

- D'une part, déceler les modifications ayant pu affecter les sols dans l'hypothèse d'une acidification en cours (P. DURAND *et al.*, 1992-a ; 1992-b). Dans cette perspective, le bassin de la

Tableau I - Caractéristiques chimiques des sols par type d'horizon sur les bassins versants de la Latte et de la Sapine (P. DURAND, 1989 – d'après 4 séries de prélèvements).

	Horizons	C (%)	C/N	pH _{eau}	pH _{KCl}	Complexe adsorbant (méq/100 g de terre fine)						
						Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	S	T
Latte (épiciés)	A1	4,0-6,8	15,6-20,6	4,2-4,8	3,6-3,9	4,7-8,4	0,20-0,70	0,10-0,23	0,14-0,45	0,04-0,09	0,50-1,28	13,5-17,5
	A3	2,9-6,6	15,8-19,3	4,4-4,9	3,9-4,1	4,7-5,6	0,05-0,80	0,04-0,28	0,07-0,21	0,02-0,08	0,18-1,37	14,7-17,6
	(B)-Bs	1,6-4,9	18,8-33,8	4,3-4,8	4,0-4,1	4,1-5,7	0,05-0,30	0,02-0,12	0,03-0,19	0,05-0,33	0,28-0,64	15,0-15,6
	A/C-C	0,9-1,5	16,3	4,7-4,9	4,1-4,3	3,2-3,5	0,04-0,60	0,03-0,07	0,04-0,10	0,03-0,08	0,28-0,80	7,7-10,8
Sapine (hêtres)	A1	5,1-6,7	20,5-20,8	4,5-4,9	3,9-4,1	5,0-7,2	0,32-0,50	0,15-0,24	0,20-0,39	0,04-0,09	0,90-1,00	16,1-16,8
	A3	4,9-5,3	19,3-29,7	4,7-5,0	4,1-4,2	4,5-5,7	0,30-0,40	0,13-0,15	0,18-0,25	0,04-0,08	0,68-0,88	16,2-16,3
	(B)-Bs	2,0-3,5	20,0-25,0	4,8-5,0	4,3	3,5-4,1	0,08-0,30	0,04-0,09	0,06-0,15	0,03-0,07	0,43-0,46	10,4-14,3
	A/C-C	0,9-1,0	-	4,6-5,1	4,3	3,2	0,30-0,32	0,08-0,10	0,06-0,17	0,02-0,09	0,39-0,48	8,4
Cloutasses (pelouse)	A1	4,5-6,0	13,1-15,6	4,3-4,9	3,7-4,0	3,9-7,5	0,40-0,61	0,14-0,25	0,16-0,34	0,04-0,07	0,75-1,36	13,6-16,4
	A3	2,8-5,9	14,3-21,3	4,4-5,0	3,9-4,3	3,1-5,5	0,10-0,50	0,05-0,17	0,06-0,32	0,04-0,10	0,25-0,99	13,5-19,2
	(B)-Bs	1,9-4,2	13,3-20,2	4,4-5,0	4,0-4,3	3,6-5,2	0,15-0,60	0,08-0,11	0,05-0,30	0,04-0,08	0,38-0,91	10,6-24,8
	A/C-C	0,6-1,9	14,4-17,5	4,9-5,1	4,3-4,4	2,6-2,8	0,10-0,56	0,04-0,07	0,04-0,20	0,02-0,08	0,20-0,68	7,1-12,2
C : carbone organique (ANNE) en % du poids de la terre fine séchée à l'air. C/N : rapport carbone organique / azote total (KJELDAHL). Al ³⁺ : aluminium échangeable au KCl 1M (JACKSON). S : somme des cations basiques extraits à l'acétate d'ammonium N. T : capacité d'échange cationique (METSON).												

C : carbone organique (ANNE) en % du poids de la terre fine séchée à l'air. C/N : rapport carbone organique / azote total (KJELDAHL). Al³⁺ : aluminium échangeable au KCl 1 M (JACKSON). S : somme des cations basiques extraits à l'acétate d'ammonium N. T : capacité d'échange cationique (METSON).

Sapine est le plus intéressant, la modélisation effectuée par P. DURAND *et al.* à l'aide du modèle MAGIC indiquant qu'il devrait être particulièrement sensible aux effets de l'acidification. De plus, son couvert végétal est homogène et a subi peu d'évolutions au cours des dernières années.

- D'autre part, préciser les effets de la coupe à blanc de la pessière du bassin de la Latte (J.F. DIDON-LESCOT, 1996 ; C. MARTIN et J.F. DIDON-LESCOT, 2003). Dans le cadre de cette démarche, le bassin de la Sapine peut apporter la référence d'un bassin versant n'ayant pas subi de perturbation. Lors de la coupe du bassin de la Latte, les branches et les branchages ont été laissés sur place. Les branches ont été regroupées en andains au cours de l'été 1989, afin de faciliter la replantation. Celle-ci a fait essentiellement appel à des essences résineuses (épicéas, pins à crochets, sapins).

Tous les résultats obtenus avant la coupe de la pessière de la Latte ne nous sont malheureusement pas parvenus. Ainsi nous ne disposons des analyses que d'un seul profil de la série de 1987. Il nous manque également quelques données pour la série de 1983.

En 1983 et 1985, les échantillons ont été prélevés à la tarière (creusement jusqu'à 20 cm, puis jusqu'à 35 cm de profondeur), alors que ceux de 1981 (comme ceux de 1987) ont été prélevés horizon par horizon, à l'occasion d'une étude détaillée de profils dégagés par creusement de fosses pédologiques. La série de 1981 ne concerne qu'un petit nombre de profils dont la localisation ne nous est pas connue.

Aucun échantillon n'a été prélevé sur le bassin de la Sapine en 1985. Les pH_{eau} de cette série sont en outre beaucoup plus faibles que ceux mesurés en 1983.

Notre choix d'une série témoin de la situation avant la coupe de la pessière de la Latte s'est finalement porté sur la série de 1983. La localisation de tous les points de prélèvement est à peu près connue. Le laboratoire qui a effectué les analyses, est le Laboratoire d'Analyses des Sols de l'INRA à Arras.

Si la localisation des points de prélèvement est connue, la numérotation de ces points correspondant aux données analytiques ne l'est pas toujours. Il nous a donc semblé inutile de faire analyser chaque échantillon prélevé. Nous

avons opté pour la constitution, par mélange, d'échantillons représentatifs de l'ensemble des profils.

Le protocole adopté est le suivant :

- Les prélèvements portent uniquement sur les horizons minéraux. Les litières et les horizons organiques sont donc préalablement déblayés.
- Un premier échantillon est prélevé en enfonçant la tarière de 20 cm (ce qui correspond à la longueur du godet). Pour reproduire le mode opératoire de 1983 (et 1985), le deuxième prélèvement est effectué dans le même trou, en enfonçant la tarière jusqu'à 35 cm. Le godet est rempli, mais une pollution de l'échantillon par des éléments arrachés aux 20 premiers centimètres du profil n'est pas à exclure.
- Pour le bassin de la Sapine, nous disposons de données analytiques pour onze profils et la tranche 20-35 cm d'un douzième. Compte tenu des informations qui nous sont parvenues, nous avons dû nous résoudre à échantillonner les 13 profils (Fig. 1) portés sur la carte présentée par P. DURAND (1989). Certaines localisations ont été revues en s'appuyant sur les notes prises par la personne ayant effectué les prélèvements. Ce problème ne devrait pas avoir de répercussion fâcheuse sur la comparaison entre les séries de 1983 et de 2001, puisque les valeurs moyennes des résultats concernant le pH_{KCl} et le complexe adsorbant ont toujours été proches d'une série de prélèvements à l'autre entre 1982 et 1987, quels que soient le nombre et la localisation des points de prélèvement.
- Pour le bassin de la Latte, un profil, bien repéré dans le fichier d'analyses, a été éliminé, car il se trouve sous un lambeau de pessière non coupé. Sept secteurs correspondant aux points de prélèvement de 1983 ont été échantillonnés (Fig. 1). Pour chaque secteur, nous avons échantillonné deux profils (1 et 2) distants de 5 m environ, afin de juger de l'incidence du choix des points de prélèvement sur les résultats.
- Lors des prélèvements sur le bassin de la Sapine, chaque échantillon prélevé à la tarière a été débarrassé à la main du plus grand nombre possible de cailloux et de graviers. Une prise d'échantillon a ensuite été séparée (une cuillerée gardée pour quatre jetées). Toutes les prises d'échantillon correspondant à un même niveau de prélèvement (0-20 cm ou 20-35 cm) ont été regroupées dans un seul sachet. Au laboratoire,

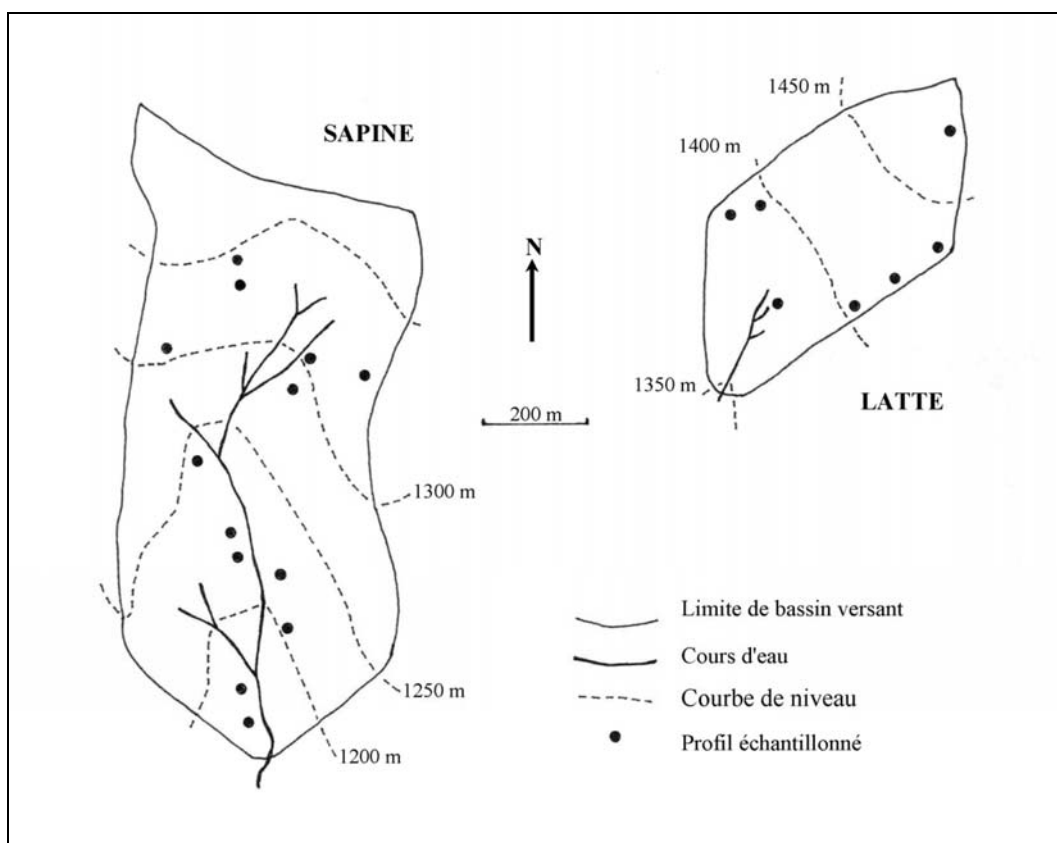


Figure 1 - Position des profils échantillonnés dans les bassins versants de la Latte et de la Sapine

après séchage à l'air, le contenu de chacun des deux sacs ramenés du terrain a été longuement homogénéisé (par mélange à la cuillère et par plusieurs passages successifs dans un partiteur à 18 trous). Le contenu de chacun des deux sacs a ensuite été séparé en deux échantillons témoins (de 700 g environ) à l'aide du partiteur. Pour chaque niveau de prélèvement, nous disposons ainsi de deux échantillons témoins (A et B), ce qui doit permettre de juger de la qualité de l'homogénéisation des échantillons et/ou de la reproductibilité des résultats des analyses.

- Tous les échantillons prélevés sur le bassin de la Latte ont été ramenés au laboratoire dans des sachets séparés. Après séchage à l'air, ils ont été tamisés sur un tamis à maille carrée de 2 mm. Un échantillon témoin a été constitué pour chaque niveau de prélèvement de chaque classe de profil (1 ou 2) : la terre fine de chaque échantillon a été homogénéisée à la cuillère, puis une prise a été séparée (une cuillère gardée pour trois jetées), toutes les prises correspondant à un même niveau d'une même classe de profil étant regroupées dans un même sachet. Le poids des échantillons a été ramené entre 500 et 600 g par séparation à l'aide du partiteur.

IV - RÉSULTATS

Les résultats des analyses effectuées par le Laboratoire d'Analyses des Sols de l'INRA à Arras sur les sols prélevés en juin 2001 sont portés dans les tableaux II à IV. Les analyses comparatives réalisées sur les échantillons témoins du bassin de la Sapine montrent des résultats assez concordants. On note cependant des différences sensibles entre les échantillons A et B pour le carbone organique et l'azote total (profondeur 0-20 cm) et pour le calcium (surtout en ce qui concerne la profondeur 20-35 cm). Il convient préciser que la prise d'échantillon pour le dosage du carbone organique et de l'azote total est beaucoup plus faible que pour la détermination des cations échangeables et de la capacité d'échange, ce qui peut avoir une incidence sur la répétitivité des mesures pour un échantillon témoin résultat d'un mélange de plusieurs échantillons. Le problème posé par le calcium est plus énigmatique.

Pour le bassin de la Latte, les écarts sur le carbone organique entre les échantillons témoins des profils 1 et 2 (pour les profondeurs 0-20 cm

Tableaux II - Analyses des sols prélevés en juin 2001 dans les bassins de la Latte et de la Sapine.

	Profondeur	C (%)	N (%)	C/N	pH _{eau}	pH _{KCl} N/10	pH _{KCl} N	Complexe adsorbant (méq/100 g de terre fine)						
								Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	S	T
Latte (pessière coupée)	0-20 (1)	6,7	0,40	16,9	4,6	3,9	3,8	5,8	1,31	0,32	0,26	0,05	1,93	20,6
	0-20 (2)	5,3	0,34	15,8	4,5	3,9	3,9	5,3	1,28	0,33	0,24	0,04	1,89	17,9
	20-35 (1)	4,5	0,28	16,0	4,8	4,1	4,1	4,5	0,64	0,17	0,15	0,04	1,00	16,9
	20-35 (2)	4,1	0,26	15,5	4,7	4,0	4,0	4,8	0,68	0,19	0,19	0,03	1,09	15,8
Sapine (hêtraie)	0-20 (A)	5,8	0,30	19,1	4,9	4,0	4,0	4,9	0,45	0,16	0,26	0,05	0,91	16,6
	0-20 (B)	5,0	0,25	19,7	4,9	4,0	4,0	4,9	0,54	0,16	0,25	0,05	1,00	16,2
	20-35 (A)	3,8	0,19	19,4	5,0	4,3	4,3	3,5	0,20	0,09	0,15	0,05	0,48	12,9
	20-35 (B)	3,7	0,19	19,4	5,0	4,3	4,3	3,3	0,41	0,08	0,14	0,04	0,67	12,9

C : carbone organique (selon norme NF ISO 10694) en % du poids de la terre fine séchée à l'air. N : azote total (selon norme NF ISO 13878). Al³⁺ : aluminium échangeable au KCl 1 M (JACKSON). S : somme des cations basiques échangeables extraits à l'acétate d'ammonium 1 N. T : capacité d'échange cationique (METSON).

C : carbone organique (selon norme NF ISO 10694) en % du poids de la terre fine séchée à l'air. N : azote total (selon norme NF ISO 13878). Al³⁺ : aluminium échangeable au KCl 1 M (JACKSON). S : somme des cations basiques échangeables extraits à l'acétate d'ammonium 1 N. T : capacité d'échange cationique (METSON).

Tableau III - Valeurs moyennes des analyses des sols prélevés en septembre 1983 et en juin 2001 sur le bassin versant de la Latte.

Profondeur	Année	C (%)	N (%)	C/N	pH _{eau}	pH _{KCl}	Complexe adsorbant (méq/100 g de terre fine)						S/T (%)	
							Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	S		T
0-20 cm	1983 *	7,1	0,42	16,9	4,6	3,9	6,3	1,24	0,33	0,28	0,07	1,89	18,4	10,3
	2001 *	6,0	0,37	16,4	4,6	3,9	5,5	1,30	0,33	0,25	0,04	1,91	19,3	16,4
20-35 cm	1983 □	4,6	0,29	15,8	4,8	4,1	4,9	0,48	0,17	0,16	0,07	0,88	14,8	5,9
	2001 □	4,3	0,27	15,7	4,8	4,1	4,6	0,66	0,18	0,17	0,03	1,04	16,4	6,4

Légende : voir tableau II. pH : pH moyen calculé à partir de la moyenne des concentrations en ions H⁺ correspondant aux pH mesurés. * : 7 prélèvements.
□ : 6 prélèvements. En 2001 : C : maximum de 6,7 % pour la profondeur 0-20 cm ; N : maximum de 0,40 % pour la profondeur 0-20 cm.

Tableau IV - Valeurs moyennes des analyses des sols prélevés en septembre 1983 et en juin 2001 sur le bassin versant de la Sapine.

Profondeur	Année	C (%)	N (%)	C/N	pH _{eau}	pH _{KCl}	Complexe adsorbant (méq/100 g de terre fine)						S/T (%)	
							Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	S		T
0-20 cm	1983 #	5,8	0,30	19,0	4,9	4,1	5,1	0,55	0,19	0,26	0,04	1,05	18,1	5,8
	2001 *	5,4	0,28	19,3	4,9	4,0	4,9	0,50	0,16	0,25	0,05	0,96	16,4	5,8
20-35 cm	1983 #	4,4	0,23	18,6	5,0	4,2	3,9	0,26	0,11	0,15	0,04	0,56	14,7	3,9
	2001 □	3,7	0,19	19,4	5,0	4,3	3,4	0,31	0,09	0,14	0,04	0,58	12,9	4,5

Légende : voir tableau II. pH : pH moyen calculé à partir de la moyenne des concentrations en ions H⁺ correspondant aux pH mesurés. # : 11 prélèvements.
* : 13 prélèvements. □ : 12 prélèvements. En 2001 : C : maximum de 5,8 % pour la profondeur 0-20 cm ; N : maximum de 0,30 % pour la profondeur 0-20 cm ;
Ca²⁺ : maximum de 0,54 méq/100 g pour la profondeur 0-20 cm et de 0,41 méq/100 g pour la profondeur 20-35 cm.

et 20-35 cm) s'accompagnent très logiquement d'écarts sur l'azote et sur la capacité d'échange cationique. On peut donc invoquer des différences effectives entre les points de prélèvement. Sauf pour ces paramètres, les profils 1 et 2 se révèlent très proches.

Le pH_{eau} comme le pH_{KCl} sont restés stables sur le bassin de la Sapine entre 1983 et 2001. Les diminutions des teneurs en carbone organique et en azote total (avec accroissement du rapport C/N pour la profondeur 20-35 cm) sont surprenantes sur un bassin versant qui est resté boisé. Nous pourrions être tentés de les attribuer à l'utilisation de protocoles analytiques différents. Mais le fait qu'elles s'accompagnent d'un abaissement de la capacité d'échange cationique ne plaide pas en faveur de cette hypothèse. La représentativité des résultats de 1983 et de 2001 n'est donc peut-être pas parfaite. Il reste, en tout cas, que ni pour l'acidité d'échange ni pour les teneurs en cations basiques échangeables, les résultats de 2001 ne mettent en évidence une évolution défavorable des sols par rapport à la situation de 1983.

Les données concernant le bassin de la Latte montrent également une diminution des teneurs en carbone organique et en azote total entre 1983 et 2001. Les rapports C/N sont en revanche peu différents. Les pH n'ont pas évolué entre les deux séries de prélèvements, tandis que les teneurs en aluminium échangeable ont diminué. Les teneurs en cations basiques échangeables sont restées pratiquement identiques ou ont augmenté (calcium pour la profondeur 20-35 cm). Enfin, les capacités d'échange cationique ont manifesté un accroissement bien surprenant.

V - CONCLUSION

Les analyses des sols du bassin versant de la Sapine confirment les résultats de l'étude hydrochimique. Les pH eau et KCl, ainsi que les teneurs en aluminium échangeable, ne mettent en évidence aucune aggravation de l'acidité d'échange entre 1983 et 2001. En outre, les teneurs en cations basiques échangeables sont restées stables. Il faut cependant souligner que le complexe adsorbant est fortement désaturé.

Sur le bassin de la Latte, la coupe à blanc de

1987-1989 n'a provoqué aucune modification sensible des caractères des horizons minéraux dans le sens d'une acidification. Certes, le milieu s'est globalement appauvri (exportations d'éléments avec les grumes, augmentation des pertes en solution au cours des premières années après la coupe). Mais les horizons minéraux disposent aujourd'hui d'un stock de cations basiques échangeables identique à ce qu'il était avant la coupe, et cela en dépit des prélèvements effectués par la végétation qui s'est développée (jeunes arbres dans une lande à genêt généralement très dense). Cette situation favorable doit certainement beaucoup à la redistribution dans les profils d'une partie des éléments minéraux libérés par les litières et par les débris végétaux laissés sur les versants.

Une question reste cependant posée pour l'avenir des sols du bassin de la Latte : la reprise des remontées d'éléments minéraux par les cycles biogéochimiques (qui touchent à la fois des éléments lixiviés des sols et des éléments libérés par l'altération des matériaux sous-jacents) pourra-t-elle compenser l'épuisement de la fourniture d'éléments par les restes de végétaux qui étaient présents immédiatement après la coupe ? En d'autres termes, les cycles biogéochimiques ajoutés aux apports d'éléments minéraux atmosphériques seront-ils suffisants pour assurer le maintien de la richesse des sols lorsque les débris végétaux laissés par la coupe ne fourniront plus d'éléments ? À ce sujet, on notera que les débris végétaux conservaient encore en 2002 des quantités importantes de cations basiques. Les teneurs dans une branche de résineux récupérée dans un andain sont de 630 ppm (microgrammes par gramme) / 100 g de matière séchée à 85 °C pour le calcium (contre 1600 dans une branche fraîche), moins de 50 ppm/100 g pour le magnésium (contre 220), 85 ppm/100 g de sodium (contre 120) et 200 ppm/100 g pour le potassium (contre 600) [analyses effectuées par le Service Central d'Analyse du CNRS].

Dans l'état actuel des connaissances, il convient de privilégier une gestion sylvicole économe de la fertilité des sols. En effet, les stocks de cations basiques et de phosphore sont très faibles et se renouvellent difficilement. Avant toute coupe importante, il serait donc utile de s'assurer, par quelques analyses d'eaux et de sols, que les conditions ne sont pas localement très dégradées.

Remerciements : Les recherches ont été menées dans le cadre d'une convention avec le Parc national des Cévennes pour une étude intégrée du bassin versant du Haut-Tarn appliquée à la gestion des

ressources en eau et des fonctionnements hydrobiologiques. Cette convention a été financée par l'Agence de l'Eau Adour-Garonne et par la DIREN Languedoc-Roussillon.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AFES (1995) - *Référentiel pédologique*. Édit. INRA, 332 p.
- DIDON-LESCOT J.F. (1996) - *Forêt et développement durable au Mont-Lozère. Impact d'une plantation de résineux, de sa coupe et de son remplacement sur l'eau et sur les réserves minérales du sol*. Thèse de l'Université d'Orléans, 161 p.
- DUCHAUFOR Ph. (1977) - *Pédogenèse et classification*. In : *Pédologie*, DUCHAUFOR P. et SOUCHIER B. édit., Édit. MASSON, tome 1, 477 p.
- DUCHAUFOR Ph. (1998) - *Réflexions sur les classifications des sols. Étude et Gestion des Sols*, vol. 5, n° 3, p. 201-205.
- DURAND P. (1989) - *Biogéochimie comparée de trois écosystèmes (pelouse, hêtraie, pessière) de moyenne montagne granitique (Mont-Lozère, France)*. Thèse de l'Université d'Orléans, 193 p.
- DURAND P., LELONG F. et NEAL C. (1992-a) - *Modélisation des effets hydrochimiques à long terme des dépôts acides et des reboisements dans les bassins versants du Mont-Lozère (Sud de la France)*. *Revue des Sciences de l'Eau*, vol. 5, p. 229-245.
- DURAND P., NEAL C., LELONG F. et DIDON-LESCOT J.F. (1992-b) - *Effects of land-use and atmospheric input on stream and soil chemistry : field results and long-term simulation at Mont-Lozère (Cevennes, National Park, Southern France)*. *The Science of the Total Environment*, vol. 119, Édit. Elsevier, p. 191-209.
- MARTIN C. et DIDON-LESCOT J.F. (2003) - *Fonctionnement hydrochimique des bassins versants expérimentaux du Mont-Lozère (France) et conséquences d'une coupe forestière*. *Zeit. für Geomorph.*, vol. 47, n° 1, p. 117-140.
- MARTIN C. et DIDON-LESCOT J.F. (2005) - *Recherches récentes sur la chimie des eaux dans le haut bassin versant cristallin du Tarn*. *Ét. Géogr. Phys.*, n° XXXII, p. 3-26.
- PONETTE Q., ULRICH E., BRETHES A., BONNEAU M. et LANIER M. (1997) - *RENECOFOR - Chimie des sols dans les 102 peuplements du réseau*. Édit. Office national des forêts, Département des Recherches Techniques, 427 p.
- TRÉVISAN D. (1982) - *Pédogenèse et typologie des sols de trois bassins versants du Mont-Lozère*. Mémoire de DEA, Université de Nancy, 84 p.
- VANNIER C. (1987) - *Bilans chimico-minéralogiques et hydrochimiques comparés des sols des bassins versants du Mont-Lozère*. Mémoire de DEA, Université Orléans, 63 p.
- VANNIER C. (1992) - *Les modalités de la rétention du soufre dans les sols de deux bassins versants forestiers du Mont-Lozère*. Thèse de l'Université d'Orléans, 113 p.

ANNEXES : MÉTHODES DE DOSAGE DU CARBONE ORGANIQUE ET DE L'AZOTE TOTAL (LABORATOIRE CENTRAL DU CNRS)

Carbone organique selon la norme NF ISO 10694

La méthode repose sur la transformation en dioxyde (CO₂) de la totalité du carbone présent dans l'échantillon. La réaction s'effectue en portant ce dernier à environ 1000 °C en présence

d'oxygène. Après séparation chromatographique, la quantité de gaz carbonique formée est quantifiée au moyen d'un catharomètre (conductibilité thermique).

Quand l'échantillon contient des quantités non négligeables de carbone minéral sous forme

de carbonates, une correction ou un prétraitement de l'échantillon est nécessaire. Lorsque la détermination du calcaire total a été demandée sur l'échantillon, on va utiliser la teneur mesurée pour une éventuelle correction ($C_{\text{minéral}} = 0,12 \times \text{CaCO}_3$). Dans le cas contraire, un prétraitement sera systématiquement appliqué. Par prétraitement, on entend toute procédure utile à la quantification de la teneur en carbonates ou leur élimination avant analyse si nécessaire.

Prise d'essai : environ 50 mg d'échantillon broyé à 250 μm .

Azote total selon la norme NF ISO 13878

La teneur en azote (organique et minéral) de l'échantillon est déterminée en le chauffant à environ 1000 °C en présence d'oxygène. Les produits de combustion ou décomposition sont réduits à l'état d'azote moléculaire (N_2). Les quantités de N_2 formées sont quantifiées, après séparation chromatographique, au moyen d'un catharomètre.

Prise d'essai : environ 50 mg d'échantillon broyé à 250 μm .